

STUDIUM FILTRACE TAVENINY SLEDOVÁNÍM MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ HLINÍKOVÝCH ODLITKŮ

THE STUDY OF MELT FILTRATION BY MONITORING MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINUM CASTINGS

P. LICHÝ¹, M. CAGALA²

ABSTRAKT: Příspěvek se zabývá filtrací taveniny hliníkové slitiny AlSi10Mg. V úvodu jsou popsány možnosti, způsoby a mechanismy filtrace. V experimentální části je hodnocen vliv filtrace na mechanické vlastnosti u odlitků – pevnost v tahu, plasticitu a deformaci při zatížení do lomu v závislosti na teplotě. Současně byla sledována struktura filtrované i nefiltrované slitiny a zhodnoceny mikro a makrostruktury lomových ploch.

ABSTRACT: The article focuses on melt filtration aluminium alloy – AlSi10Mg. The possibilities, methods, function and mechanisms filtration are discussed in the introduction. The influence of filtration is evaluate by mechanical properties of castings – temperature dependence tensile strenght, plasticity and deformation when applied breaking load. Alloy structure when casting with and without filter and mikrostructures and macrostructures of fracture surfaces were monitoring too.

KLÍČOVÁ SLOVA: filtrace, hliníkové slitiny, tahová zkouška, pevnost v tahu, lomová plocha

KEY WORDS: filtration, aluminium alloys, tensile testing, tensile strenght, fracture surface

ÚVOD

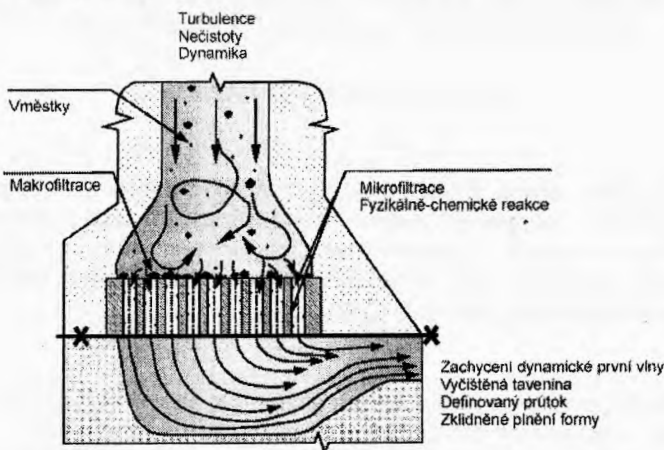
Přítomnost cizích částic v odlitku je zdrojem celé řady vad. Filtrace je používána pro zvýšení čistoty tekutého kovu, pro snížení nákladů na opravu vad a snížení výrobních nákladů vyšším využitím tekutého kovu. Cílem filtrování slévárenských slitin hliníku je jednak zachycení nekovových vměstků, které se do vtokové soustavy dostávají tekutým kovem z lící pánve, ale také zachycení vměstků vznikajících v důsledku reakce hliníku s kyslíkem během lití (tyto pak mohou být zdrojem netěsnosti odlitků). Filtrace tedy napomáhá k odstranění vad a dosažení vysoké kvality odlitků. Převažujícím druhem vměstků u hliníkových slitin jsou oxidy Al_2O_3 , které tvoří především blány a v tavenině se nacházejí v tuhém stavu. Jejich hustota je téměř stejná jako hustota taveniny, z tohoto důvodu je jejich odstraňování problematické. Proto tyto vměstky prakticky nevyplouvají a zůstávají rozptýleny v objemu kovu. Odstranění těchto vměstků je možno vyřešit i bublinatostí odlitků, neboť tyto vměstky jsou vhodnými místy pro nukleaci plynových bublin v tekutém kovu. Některé slévárny filtrují též z důvodu zlepšení povrchové kvality a obrobiteľnosti odlitku. Filtrace tekutého kovu má být pouze doplňkem a ne náhradou za nevhodnou výrobní technologii. [1,2]

¹ Ing. Petr Lichý, Ph.D. – Katedra slévárenství, FMMI, VŠB-TU Ostrava

² Ing. Michal Cagala – Katedra slévárenství, FMMI, VŠB-TU Ostrava

FUNKCE A MECHANIZMUS FILTRACE

Filtr umístěný ve vtokové soustavě má kromě čistících schopností taveniny také schopnost omezit turbulentní proudění ve vtokové soustavě. Tato vlastnost dále rozhoduje o omezení reoxidačních procesů a tím i eliminuje další vznik vměstků. Tyto funkce jsou patrné z obr. 1. Separační schopnost filtrů je dána velikostí otvorů ve filtru. Čím je jemnější filtr, tím je lepší filtrační účinek. U těchto filtrů je pak ale nutno počítat s tím, že se dříve ucpe (filtry mají menší průtočnou kapacitu).



Obr. 1 - Schématické znázornění činnosti filtru [3]

V odborné literatuře se uvádí tři mechanismy filtrace, které se uplatňují při filtrování kovových tavenin:

1. cezení – zachycování částic větších než je velikost otvorů na vstupní straně filtru,
2. vytvoření filtračního koláče – postupné zachycování částic na vnější straně filtru, přičemž dochází i k zachycování vměstků, které jsou menší než velikost původních otvorů filtru,
3. hloubková filtrace – probíhá v otvorech a kanálech v celém objemu filtru na základě principu adheze částic na stěnách otvorů a kanálů keramického filtru. [5]

Filtr umístěný ve vtokové soustavě může doplňovat nebo i nahrazovat části vtokové soustavy, které slouží k zachycení strusky. Může tedy nahrazovat funkci struskováku, odstředivých lapačů strusky, pilovitých struskováků ad. Odstraněním některých částí se může vtoková soustava velmi zjednodušit.

TYPY FILTRŮ

Filtry rozdělujeme z hlediska tvaru na 2 základní typy (ploché a objemové), které se výrazně liší mechanismem filtrace.

U plochých filtrů převažují plošné rozměry nad tloušťkou. Nečistoty se zachycují pouze na přítokové straně filtru mechanismem cezení (působí podobně jako cedítka) a tvorbou filtračního koláče. Neuplatňuje se u nich hloubková filtrace, nebo je její podíl jen velmi malý. Jako ploché filtry se používají kovové mřížky, častěji však tkané textilie, vyrobené ze žáruvzdorných vláken a tkanin.

U objemových filtrů se využívá jednak filtračního účinku na přítokové straně filtru, ale také hloubkové filtrace. Schopnost hloubkové filtrace závisí na materiálu filtru, velikosti otvorů, jejich průřezu a geometrickém uspořádání. Do skupiny objemových filtrů patří zejména lisované, extrudované a pěnové filtry. [1]

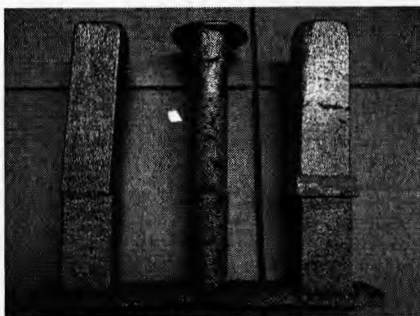
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V experimentální části jsme se zabývali převážně studiem vlivu filtrace na mechanické vlastnosti hliníkové slitiny Al-Si (její chemické složení je uvedeno v tab. 1.). Současně probíhalo sledování a vyhodnocování lomů zkušebních vzorků.

Tab. 1 - Chemické složení používané slitiny Al-Si

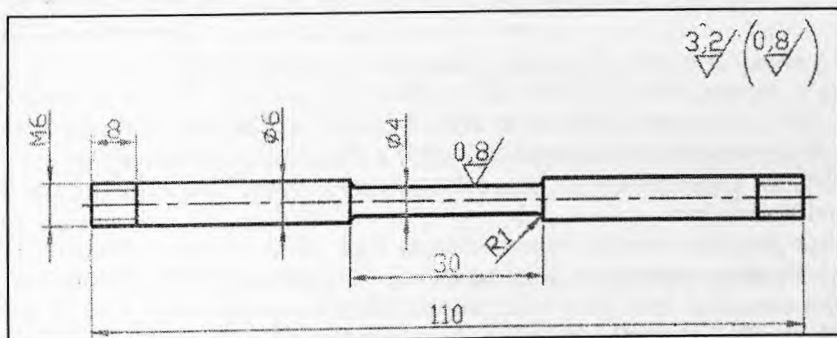
Chemické složení [% hm.]						
Al	Si	Fe	Mg	Mn	Ti	Cu
88,2	10,82	0,284	0,464	0,188	0,0094	0,0022

Použitá slitina Al-Si přibližně odpovídá normalizované slitině EN AC- AlSi10Mg . Materiál byl pouze roztaven a následně odlit (teplota lití – 710°C) do formy z jednotné bentonitové směsi, bez jeho dalšího ovlivnění (nebyl očkován ani modifikován). Formovací směs obsahovala křemenný písek ŠH 35, 7 hm.d. bentonitu Bentovet K a vlhkost byla 4 %. Vliv filtrace byl sledován na odlitcích tvaru hranolu (obr. 2). Tyto byly odlévány společným vtokem, vždy dva současně (jeden s použitím filtru), tak aby byly zajištěny srovnatelné podmínky odlévání. Takto bylo docíleno stejné složení materiálu, lici teplota i vliv formy. Jako filtr byl použit lisovaný filtr dodaný fy. Keramtech s.r.o. Jednalo se o filtr o rozměrech 50x50x9,9 mm (počet otvorů – 314, průměr otvorů – 2,2 mm, celková plocha otvorů 1194 mm², průtočná plocha 57,6 %).

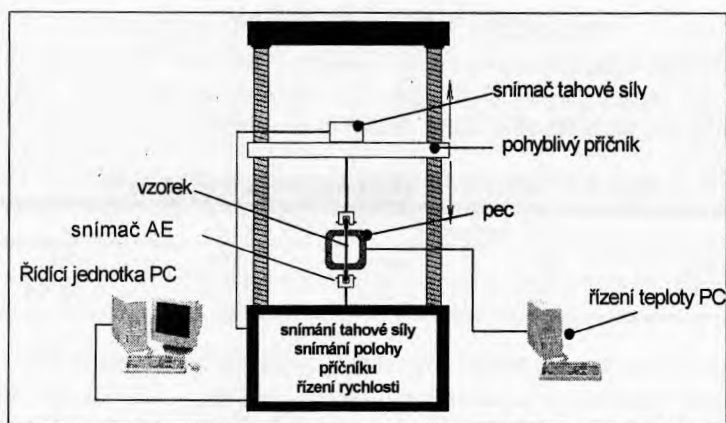


Obr. 2: Zkušební odlitky s celou vtokovou soustavou

Z vyrobených odlitků byly připraveny zkušební tyče (obr. 3). Tahová zkouška byla prováděna při teplotách cca 20°C, 150°C, 250°C a 350°C. Schéma trhačického zařízení, na kterém zkoušky probíhaly, je na obr. 4. Zkušební vzorek byl zahříván na požadovanou teplotu v grafitové peci, do které se vhněl argon.



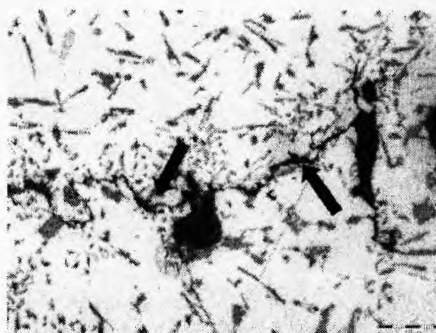
Obr. 3: Schéma zkušební tyče [mm]



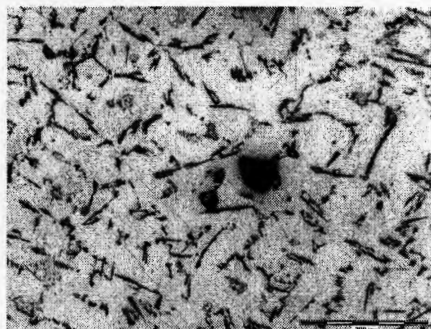
Obr. 4: Schéma zkušebního zařízení pro tahovou zkoušku

DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Z odlitků byly připraveny metalografické výbrusy k vyhodnocení lité struktury. Z obr. 5 je patrné, že struktura nefiltrované slitiny Al-Si vykazuje řadu nečistot (oxidické pleny) a velké množství vad typu dutin. Struktura filtrované slitiny (obr. 6) se jeví podstatně čistější (proti vzorku nefiltrovanému), což připisujeme funkci filtru. Obr. 5 zachycuje strukturu používané slitiny před filtrem a na obr. 6 je stejná slitina po průchodu filtrem.



Obr. 5: Struktura nefiltrované slitiny



Obr. 6: Struktura filtrované slitiny

Výsledky naměřených mechanických veličin pomocí tahové zkoušky jsou uvedeny v tab. 2. Jedná se o průměrné naměřené hodnoty. Z tabulky je patrné, že pevnost v tahu se zvyšující se teplotou klesá pro filtrované i nefiltrované vzorky. Pevnost filtrované slitiny je při teplotě 20°C vyšší o cca 7 %. S rostoucí teplotou zkoušky se již tyto rozdíly snižují. Plasticita (vyjádřená kontrakcí) vzorků filtrované slitiny se zvyšující se teplotou plynule roste, až na hodnotu 3,5 % při teplotě 350°C. Při liti bez filtru byla tažnost až do teploty 250°C nulová a při teplotě 350°C se průměrná hodnota zvýšila na 2,5 %. Deformace do lomu se při teplotě 20°C od sebe výrazně nelišily. S rostoucí teplotou zkoušky se hodnota deformace zvyšuje. Při teplotě 350°C se hodnota lomové práce filtrovaného materiálu zvýšila o cca 34 % oproti materiálu nefiltrovanému.

V místě přetržení vzorků byla sledována také jejich makro a mikrostruktura pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu značky JEOL JSM – 6490LV. Získané snímky jsou na obr. 7-12. Na obrázcích 7-10 jsou vidět makrostruktury a na obrázcích 11 a 12 mikrostruktury jednotlivých vzorků. Ze snímků je patrné, že se jedná o lomové plochy s křehkým charakterem porušení. Na obrázcích makrostruktur jsou patrné vady typu dutin. Největší zastoupení zde mají zřejmě bubliny, což je patrné způsobeno neodplyňováním taveniny před litím. V některých případech se navíc zřejmě jedná o řediny, což potvrzuje obr. 12..

Tab.2: Výsledky tahové zkoušky u vzorků z filtrovaného i nefiltrovaného odlitku

Způsob lití	Zkušební teplota [°C]	Tahová síla [N]	Pevnost v tahu [MPa]	Průměr lomových ploch [mm]	Kontrakce [%]	Deformace do lomu [mm]	Lomová práce [J]
s filtrem	16	1431	114	3,99	0,5	0,77	0,61
	156	1343	107	3,98	1	0,77	0,59
	254	1128	90	3,96	2	0,84	0,66
	349	688	55	3,92	3,5	1,72	0,83
bez filtru	21	1347	107	4,00	0	0,76	0,57
	152	1179	94	4,00	0	0,57	0,38
	253	1115	89	4,00	0	0,85	0,64
	351	665	53	3,95	2,5	1,21	0,60

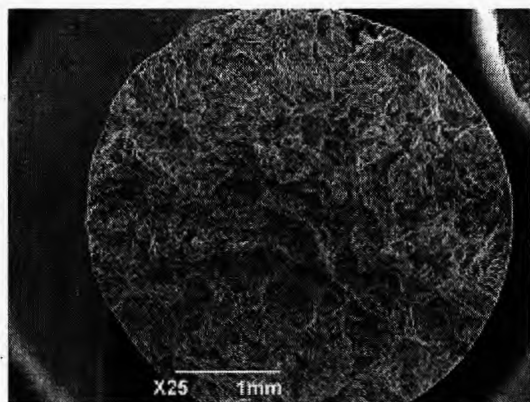
ZÁVĚR

V experimentální části proběhlo zhodnocení vlivu filtrace na mechanické vlastnosti hliníkové slitiny AlSi10Mg. Zkoušky ukázaly, že v případě použití keramických filtrů dochází ke zlepšení tažnosti i pevnosti v tahu. Podle literatury [5] může být tento fakt způsoben morfologií vyloučeného eutektického křemíku. Autoři uvádějí, že u nefiltrovaného materiálu se eutektický křemík vylučuje ve formě hrubých, hexagonálních desek, zatímco v případě použití filtru dochází ke zjemnění částic eutektického křemíku, což má za následek zvýšení tažnosti hliníkové slitiny.

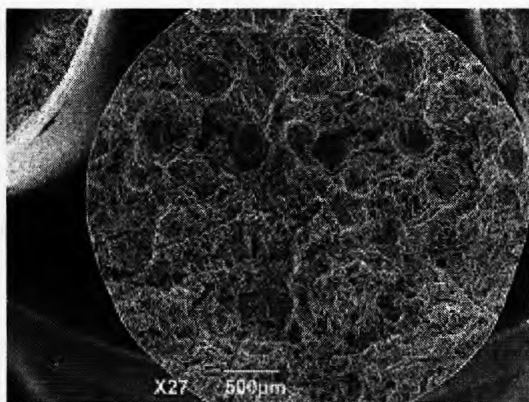
LITERATURA

- [1] Roučka, J. a kol.: Příručka o filtraci. ČSS, komise pro technologii, Brno 2007.
- [2] Stránský, K.; Bažan, J.; Horáková, D.: Filtrace tavenin železa v průmyslové praxi. VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2008.
- [3] http://www.keramtech.cz/knihovna/filtrace_tavenin_pomoci_lisovanych_keramickych_filtru.pdf
- [4] Lev, P.: Použití lisovaných keramických filtrů pro filtraci hliníku a jeho slitin. Transaction of the Universities of Košice, 2007, s. 110-116. ISSN 1335-2334.
- [5] Brůna, M.; Bolibruchová, D.; Kantorík, R.: Filtration of aluminium alloys and its influence on mechanical properties and shape of eutectical silicium. Archives of Foundry Engineering, vol. 8, Issue 2, April-June 2008, p. 13-16.

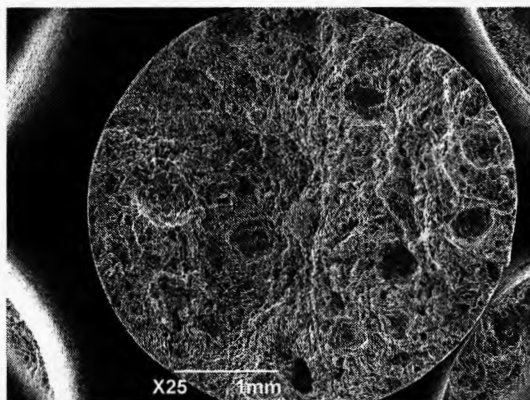
Prezentované výsledky byly získány při řešení projektu MSM 6198910013.



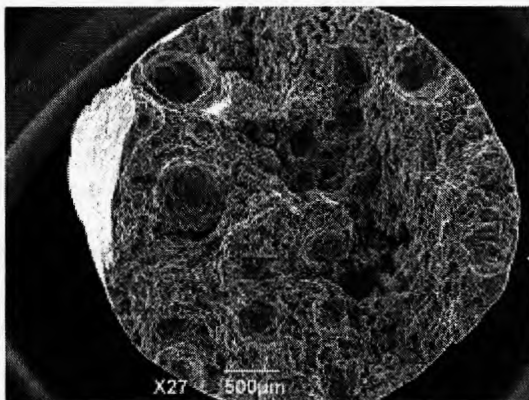
Obr. 7: Vzorek s filtrem, 20°C



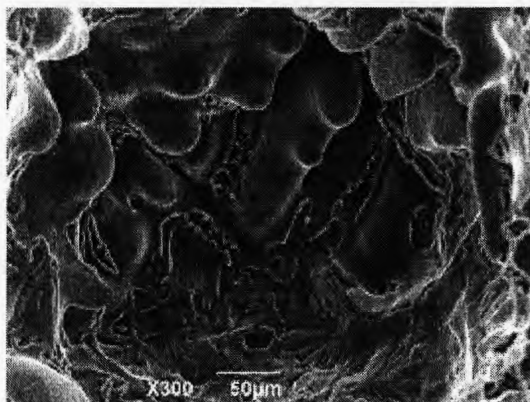
Obr. 8: Vzorek bez filtru, 20°C



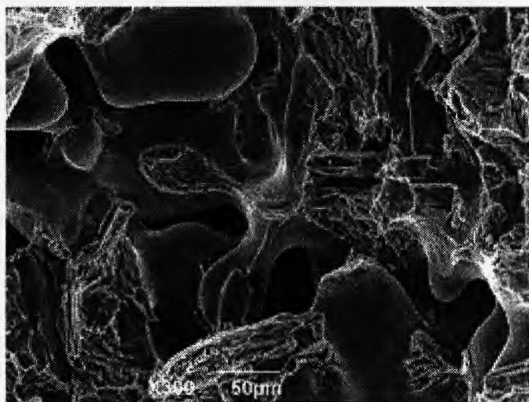
Obr. 9: Vzorek s filtrem, 250°C



Obr. 10: Vzorek bez filtru, 250°C



Obr. 11: Vzorek s filtrem, 350°C



Obr. 12: Vzorek bez filtru, 350°C